

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

AMALIJA PFEIFER

**PRAĆENJE ARSENA U VODI RIJEKE MURE NA PODRUČJU
REPUBLIKE HRVATSKE OD 2010. DO 2015. GODINE**

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2017.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

STRUČNI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

AMALIJA PFEIFER

**PRAĆENJE ARSENA U VODI RIJEKE MURE NA PODRUČJU
REPUBLIKE HRVATSKE OD 2010. DO 2015. GODINE**

**MONITORING ARSENIC IN WATER MURA RIVER ON
TERRITORY REPUBLIC OF CROATIA SINCE 2010. UNTIL 2015.**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Ivančica Somođi, pred.

ČAKOVEC, 2017.

Zahvala:

Zahvaljujem mentorici Ivančici Somođi, pred. na nesebičnoj pomoći i suradnji pri izradi ovog završnog rada.

Zahvaljujem svojim roditeljima, sestri i dečku na bezuvjetnoj podršci i strpljenju tijekom studija.

Također sam zahvalna i svojoj prijateljici i kolegici Sari koja je uvijek bila uz mene, bodrila me i davala mi snage svojim optimizmom, smijehom.

SAŽETAK

Cilj je ovog završnog rada pratiti pojavu arsena u rijeci Muri na dva mjesta uzorkovanja u Republici Hrvatskoj od 2010. godine do 2015. godine. Jedno mjesto uzorkovanja je na ulazu u Republiku Hrvatsku kod Murskog Središća, a drugo mjesto je nizvodnije, kod Goričana, prije utoka Mure u Dravu. Rijeka Mura sa svojom dužinom od 438 kilometara protječe kroz četiri države: Austriju, Sloveniju, Mađarsku i Hrvatsku, u prošlosti je često plavila okolne obradive površine, te je za očekivati da se u rijeci nalaze razne kemijske tvari. U kemijske tvari koje su pokazatelj kakvoće voda, spada i arsen o kojem se govori u ovom završnom radu. Onečišćenje rijeke Mure može biti prirodno ili umjetno (nastalo antropogenim djelovanjem). Mrvljenje stijena koje sadrže uz ostale spojeve i spojeve arsena i ispiranje tih stijena u rijeku je prirodno opterećenje rijeke ovim metalom, dok industrijske otpadne vode, primjena pesticida u poljoprivredi te ostala antropogena djelovanja spadaju u antropogeno onečišćenje. Arsen je polumetal koji u vodama završava najčešće ispiranjem stijena ili antropogenim utjecajem, a u vodu dolazi i ispiranjem s poljoprivrednih površina te odvodnjom industrijskih otpadnih voda. Rijeka Mura protječe kroz poljoprivredna područja koja se desetljećima obrađuju kao oranice, a tek u manjim dijelovima toka okružena je ostacima šumskih staništa. U Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/2013, 151/2014, 78/2015, 61/2016) propisane su granične vrijednosti tih specifičnih kemijskih pokazatelja kakvoće vode. U radu je praćena vremenska pojavnost arsena u rijeci te su se pokušali povezati dobiveni podaci s okolišem rijeke na području Republike Hrvatske. Podaci dobiveni od Hrvatskih voda o monitoringu rijeke Mure od 2010. do 2015. godine prikazani su tablicama, grafovima te su pokušani staviti u korelaciju s okolišem kroz koji rijeka protječe.

Ključne riječi: praćenje, arsen, rijeka Mura, Mursko Središće, Goričan

Sadržaj

1. UVOD	6
1.1. Mura.....	6
1.2. Arsen.....	9
1.3. Zakonska regulativa.....	12
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	14
3. MATERIJALI I METODE	15
4. POSTAJE PRAĆENJA ARSENA	15
4.1. Period praćenja arsena u Goričanu (2010. – 2015.).....	16
4.2. Period praćenja arsena u Murskom Središću (2015. godina)	22
5. REZULTATI.....	24
5.1. Praćenje arsena na mjernoj postaji Goričan u 2010. godini	24
5.2. Praćenje arsena na mjernoj postaji Goričan u 2011. godini	26
5.3. Praćenje arsena na mjernoj postaji Goričan u 2012. godini	28
5.4. Praćenje arsena na mjernoj postaji Goričan u 2013. godini	30
5.5. Praćenje arsena na mjernoj postaji Goričan u 2014. godini	32
5.6. Praćenje arsena na mjernoj postaji Goričan u 2015. godini	34
5.7. Praćenje arsena na mjernoj postaji Mursko Središće u 2015. godini	36
6. RASPRAVA	38
6.1. Usporedba koncentracije arsena na mjernim postajama Goričan i Mursko Središće	41
7. ZAKLJUČAK	45
8. LITERATURA.....	46

1. UVOD

1.1. Mura

Rijeka Mura najsjevernija je hrvatska rijeka. Dugačka je 438 kilometara, od čega se 53 kilometra nalaze u Republici Hrvatskoj [1]. Mura izvire u Austriji u dijelu Visokih Tura na 1898 metara nadmorske visine. Njezin tok prolazi kroz Austriju, Sloveniju, Mađarsku i Hrvatsku u kojoj se ulijeva u rijeku Dravu. Ušće Mure u Dravu je kod Posebnog ornitološkog rezervata Veliki Pažut (nalazi se između Donje Dubrave u Međimurju i Legrada u Podravini) koji je zaštićen kao poseban rezervat unutar Regionalnog parka Mura – Drava [2].

Rijeka Mura ima meandrirajući tok s mnogo rukavaca, mrtvica ili mrtvaja, kako to zovu u Međimurju. Takvim hidromorfološkim djelovanjem Mura je stvarala svoj krajobraz, oblikovala vlažne livade, pašnjake i šume. Tako je najsjevernije mjesto u Republici Hrvatskoj, naselje Žabnik u općini Sveti Martin na Muri, nekad bio rukavac Mure, dok je danas mrtvaja [2].

Grad Mursko Središće nalazi se na rijeci Muri te je ujedno i najsjeverniji hrvatski grad. Rijeka Mura u donjem toku ima malo pritoka, a to su: Ščavnica, Krka, Trnava i Principališ. Godine 2001. rijeka Mura zaštićena je u kategoriji značajnog krajobraza, a 2011. godine s rijekom Dravom kategorijom regionalni park, pa danas nose naziv Regionalni park Mura - Drava. Godine 2012. UNESCO je cijela područja rijeke Mure, Drave i Dunava proglasio Prekograničnim rezervatom biosfere [2].



Slika 1. Karta Međimurja. (Izvor: Šprajc Luka).

Na slici 1. prikazana je Međimurska županija koja je najsjevernija županija u Republici Hrvatskoj. U Međimurskoj županiji nalaze se tri grada Čakovec, Prelog i Mursko Središće. Rijeka Mura prolazi kroz općinu Sveti Martin na Muri sve do grada Mursko Središće. Županija se sastoji od naselja Podturen, Dekanovec, Domašinec, Goričan i Kotoriba uz koje rijeka Mura teče sve do Donje Dubrave gdje se kod Posebnog ornitološkog rezervata Veliki Pažut ulijeva u Dravu.

Na slici 2. prikazana je informativna ploča koja se nalazi kod mlina u Žabniku. Rijeka Mura poznata je po visokim vodama ljeti te malom osciliranju količine vode tijekom cijele godine. Ona ima alpski snježno-kišni režim, što znači da su protoci ili količina vode u rijeci Muri od travnja do kolovoza iznadprosječni, dok su od prosinca do ožujka ispodprosječni. Rijeka Mura naziva se *Hrvatskom Amazonom* jer ima mnogo prirodnih vrijednosti.

Prije ulijevanja u Dravu, rijeke Mura i Drava teku skoro pa usporedno, što vidimo na slici 3. One imaju meandrirajući tok. Na slici se vide nanosi pijeska i šljunka koji tvore sprudove te poplavne šume koje se nalaze uz ušće. Uz rijeku se mogu naći i vlažni travnjaci te strme odronjene obale.



Slika 2. Informativna ploča na obali Mure u Žabniku. (Izvor: autor).

Kao što je već spomenuto, rijeka Mura izvire i protječe kroz Austriju, a poznata mjesta uz rijeku Muru u Austriji su: Murau, Leoben, Bruck an der Mur, Graz, Mureck i granično mjesto sa Slovenijom, Bad Radkersburg. U Sloveniji, rijeka Mura ne protječe kroz neka veća mjesta, nego više kroz šume te manja naselja. Veće mjesto u Sloveniji gdje protječe rijeka Mura je grad Gornja Radgona koji je pogranično mjesto s Austrijom [3].



Slika 3. Rijeke Mura i Drava. (Izvor: <https://opcinailegrad.hr/turizam/> (20. 7. 2017.)).

1.2. Arsen

Kemijske tvari nalaze se svugdje oko nas i njihov se broj svakodnevno drastično povećava. Ove tvari nalaze se u svim sastavnicama okoliša kojima su ljudi izloženi. Mogu se naći u hrani ili pitkoj vodi te lako mogu kružiti unutar hranidbenog lanca. Tijekom 20. stoljeća razvila se kemijska i farmaceutska industrija, počele su se proizvoditi različite kemikalije i time se povećala izloženost ljudi kemijskim spojevima. Ne postoji područje na kojem se ne koriste kemijski proizvodi. Mnogi kemijski proizvodi završavaju na mjestima na kojima ne bi smjeli. Neprimjereno odloženi kemijski proizvodi mogu ugroziti i naštetiti okolišu te negativno utjecati na zdravlje ljudi i životinja.

Kemijski se spojevi razlikuju prema vrsti, kemijskim svojstvima, prema pokretljivosti u okolišu, toksičnom djelovanju na biljke, životinje, čovjeka i sl. Polumetal arsen (As) nalazi se u okolišu u obliku organskih i anorganskih spojeva. Anorganski spojevi su spojevi bez ugljika, a u vodu mogu doći prirodnim putem ispiranjem stijena koje prirodno

sadrže arsen, ili utjecajem čovjeka – tretiranjem poljoprivrednih površina ili industrije [4].

Organski spojevi su oni koji sadrže ugljik, a u vodu dolaze ispiranjem s poljoprivrednih površina i odvodnjom industrijskih otpadnih voda [4].

U periodnom sustavu arsen se nalazi u V. (dušikovoj) skupini. On postoji u dvije alotropske modifikacije: u nestabilnom žutoj heksagonske strukture i stabilnoj sivoj sa slojevitom strukturom [5]. Njegova gustoća je 5727 kg/m^3 , a točka taljenja je 817°C . On je bez mirisa i okusa.

Žuti arsen (α -arsen) ima gustoću 2 g/cm^3 , a nastaje naglim hlađenjem arsenovih para. Taj žuti arsen ne vodi električnu energiju. Vrlo je nestabilan pa već i na sobnoj temperaturi, a osobito kad je pod utjecajem svjetlosti, brzo i lako prelazi u sivu modifikaciju [5].

Sivi arsen (γ -arsen) ima gustoću $5,8 \text{ g/cm}^3$, krt je i bez sjaja. Sublimira na atmosferskom tlaku pri temperaturi od 613°C , a pri tlaku od $36,4 \text{ kPa}$ tali se pri 817°C [5].

Formula As_4 odgovara parama arsena do 800°C , a iznad 1700°C formula As_2 . Reagiraju već pri sobnoj temperaturi s vlažnim zrakom, a kad je zagrijan na zraku gori modrim plamenom i stvara gusti dim $\text{As}_2 \text{O}_3$. Pri sobnoj temperaturi arsen se spaja s fluorom i klorom, a s bromom, jodom i sumporom spaja se na višim temperaturama. Ne spaja se s dušikom, borom, silicijem ni ugljikom [5].

Prirodno se nalazi u zemljinoj kori i vodi, a antropogenim djelovanjem dolazi u ekosustav. Postoji kao sastavni dio rude arsenopirita, leukopirita ili arsenskog željeza i realgara. Možemo ga naći i u rudama srebra, olova, bakra, nikla, kobalta, kositra. Spojevi arsena se klasificiraju prema kemijskoj građi na trovalentne i peterovalentne, na anorganske i organske. Arsen može stvarati vrlo toksične anorganske spojeve kad se spoji s kisikom, klorom i sumporom, a s ugljikom i vodikom manje toksične organske spojeve te je velika opasnost za ekosustav [4].

Arsen se nalazi u vodama i to u anorganskom i organskom obliku. U vodama se nalazi više anorganskih spojeva od organskih. Anorganski spojevi arsena su arsenit i arsenat, dok pod organske spojeve pripadaju metilarsenska i dimetilarsenska kiselina. Arsen u

riječama i jezerima prema *Uredbi o standardu kakvoće voda* (NN 73/2013, 151/2014, 78/2015, 61/2016) ne bi smio prelaziti vrijednost od 10 µg As/L. Voda iz nekih arteških bunara može sadržavati veće količine arsena te je zbog toga neupotrebljiva za ljude i životinje [4]. Kao i svi toksični metali, tako i polumetal arsen ima sposobnost bioakumulacije u niže stanične vodene organizme [4].

Najvažniji kruti arsenov spoj je bijeli arsenik ili arsenov trioksid koji se javlja u obliku bijelog praška i koristi se kao izlazna tvar za izradbu skoro svih ostalih arsenovih spojeva. Koristi se u industriji pesticida, herbicida, služi za čišćenje stakla i dr. te rijetko uzrokuje otrovanja [4].

Natrijev arsenit je kruti spoj koji može uzrokovati otrovanje. Natrijev i kalijev arsenit koriste se kao ektoantiparazit za goveda i ovce, kod zaštite bilja koriste se kao herbicidi, posebno za zaštitu drva. Postoje i tekući arsenski spojevi koji se izrađuju u industriji bojnih otrova [4].

Arsenovodik ili arsin je plinoviti arsenski spoj. Javlja se kod otrovanja u kemijskim laboratorijima, industrijskim dječjim igračkama, zrakoplovstvu, metalurgiji, kod ekstrakcije zlata i u proizvodnji arsenskih pesticida [4].

Bakreni arsenit i acetoarsenit koriste se kao insekticidi za tretiranje mrava i kao rodenticidi. Do onečišćenja vode može doći kad arsenska kiselina, koja se je koristila kao herbicid, prijeđe u arsenov trioksid i arsen [4].

Metilarsenska i dimetilarsenska kiselina koriste se kao defolijanti na plantažama pamuka i voća [4]. Defolijanti su kemijski spojevi koji uzrokuju prijevremeno opadanje lišća, ali se pri tome ne oštećuje stabljika ni plod. Oni se u obliku aerosola raspršuju iz zrakoplova. Najčešće su se koristili kako bi se olakšala žetva, a u prošlosti su se koristili i u vojne svrhe [6]. Do onečišćenja vode arsenovim spojevima može doći zbog nepročišćavanja otpadnih voda iz raznih industrija, kod proizvodnje stakla, boja, prekomjernog korištenja pesticida i ostalih pripravaka u poljoprivredi te kao posljedica komunalnih djelatnosti.

Koristi se u industriji i poljoprivredi te tako onečišćuje ekosustav. Toksične se tvari kao što su arsen, krom, kadmij, bakar, željezo, živa, olovo i cink najviše koriste u metalnoj industriji, preradi ruda, kožnoj industriji, proizvodnji klora, baterija i slično. Efekti

onečišćenja tim toksičnim tvarima su pomor planktona i riba, akumulacija polutanata u tkivu riba i školjaka te trovanje stoke [7].

Arsen se u ekosustavu ponekad može naći u većim količinama. On se također može naći u biljkama koje rastu na odlagalištu otpada nastalog eksploatacijom ruda, na tlima na kojima se koriste pesticidi i u mulju neprerađenih industrijskih otpadnih voda [4].

Ljudi se najčešće otruju arsenovim spojevima unosom putem hrane, onečišćenom vodom i zrakom. Može se naći u biljkama kao što su žitarice, voće i povrće koje tretiramo pesticidima, u vodenim organizmima kao što su rakovi, školjke te ostali organizmi [4].

1.3. Zakonska regulativa

Zakonom o vodama (NN 153/2009, 130/2011, 56/2013, 14/2014) koji se u daljnjem tekstu navodi kao *Zakon*, regulira se: „pravni status voda, vodnog dobra i vodnih građevina, upravljanje kakvoćom i količinom voda, zaštita od štetnog djelovanja voda, detaljna melioracijska odvodnja i navodnjavanje, djelatnostima javne vodoopskrbe i javne odvodnje, posebnim djelatnostima za potrebe upravljanja vodama, institucionalni ustroj obavljanja tih djelatnosti i druga pitanja vezana za vode i vodna dobra.“ [8].

Okvirna direktiva Europske unije o vodama (Direktiva 2000/60/EC), koja je inkorporirana u *Zakon o vodama*, „štiti kopnene površinske vode, prijelazne vode, priobalne vode i podzemne vode tako da se sprječava daljnja degradacija, štiti i učvršćuje stanje vodenih ekosustava i obećava održivo korištenje voda.“ [9]. Ciljevi *Okvirne direktive* su: „bolja zaštita i poboljšanje vodnog okoliša.“ *Okvirna direktiva* osigurava: „progresivno smanjenje onečišćenja podzemnih voda i sprječava njihovo daljnje onečišćenje te doprinosi ublažavanju posljedica poplavi i suša.“ [9].

U *Uredbi o standardu kakvoće voda* govori se o: „standardu kakvoće voda za površinske vode, uključivo i priobalne vode, i vode teritorijalnog mora te podzemne vode, posebnim ciljevima zaštite voda, kriterijima kojima se utvrđuju ciljevi, zaštiti voda, uvjetima za produženje rokova za postizanje ciljeva zaštite voda, elementima za ocjenjivanje stanja voda, monitoringu stanja voda i o izvještavanju o stanju voda.“ [10].

Hrvatske vode provode monitoring stanja površinskih, priobalnih, voda teritorijalnog mora i podzemnih voda [10].

Stanje površinskih voda utvrđuje se ocjenom kemijskog i ekološkog stanja vodnih tijela, ovisno koje je lošije. Ekološko stanje će se utvrditi biološkim, hidromorfološkim, kemijskim i fizikalno-kemijskim elementima koji prate biološke elemente. Kemijsko stanje utvrđuje se u odnosu na prioriteta i druga zagađivala [10]. Monitoring se može vršiti kao nadzorni, operativni i istraživački. Za svaki monitoring stanja površinskih voda uspostavlja se mreža mjernih postaja. Mrežom mjernih postaja želi se napraviti cjelovit pregled ekološkog i kemijskog stanja prirodnih površinskih voda, odrediti kemijsko stanje, razvrstati površinske vode u pet kategorija ekološkog stanja te umjetna tijela i znatno promijenjena tijela u četiri kategorije ekološkog potencijala [10].

Kako bi se sačuvalo dobro kemijsko stanje voda, vrši se monitoring tijela ili skupine tijela površinskih voda, utvrđuje se ekološko i kemijsko stanje voda, prema parametrima kakvoće definiranim u *Uredbi o standardu kakvoće voda*. U prirodnim površinskim i podzemnim vodama prate se biološki elementi, hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente, osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente. „Osnovni fizikalno-kemijski elementi ocjene ekološkog stanja rijeka su: temperatura, režim kisika, sadržaj iona, pH, m – alkalitet i hranjive tvari.“ [10]. Kemijsko stanje površinskih voda ocjenjuje se u odnosu na pokazatelje kemijskog stanja. Arsen i njegovi spojevi spadaju u osnovne onečišćujuće tvari za koje se provodi monitoring stanja voda i oni su standard kakvoće za ocjenu kemijskog stanja podzemnih voda i površinskih voda za rijeke. Vrlo su važan standard kakvoće voda jer pogoduju životu i rastu školjkaša. Koncentracija teških metala, pa tako i arsena, u mesu školjkaša mora biti ograničena tako da doprinosi visokoj kakvoći školjkaških proizvoda, s obzirom na to da metali imaju svojstvo bioakumulacije.

Postoje dvije kategorije kemijskog stanja u koje razvrstavamo tijelo površinske vode: dobro kemijsko stanje i nije postignuto dobro kemijsko stanje. Prema *Uredbi o standardu kakvoće voda*, kemijsko stanje tijela površinske vode određuje se na temelju rezultata monitoringa pokazatelja kemijskog stanja.

Vodu moramo čuvati, štititi, te mudro i racionalno koristiti kako bismo je sačuvali za buduće generacije. Kad se upravlja vodama, važno je pridržavati se ciljeva upravljanja

vodama, a oni su: „osigurati dovoljne količine kvalitetne pitke vode za vodoopskrbu stanovništva, osigurati potrebnu količinu vode odgovarajuće kakvoće za različite gospodarske i osobne potrebe, zaštita ljudi i njihove imovine od poplava i drugih oblika štetnog djelovanja voda te postizanje i očuvanje dobrog stanja voda radi zaštite života i zdravlja ljudi, zaštite njihove imovine, zaštite vodnih i o vodi ovisnih ekosustava.“ [8].

Za određeno vodno područje moraju se provoditi i analize njegovih značajki, pregledi utjecaja antropogenog djelovanja na stanje površinskih i podzemnih voda i ekonomske analize korištenja vode. Pod analizom značajki nekog vodnog područja podrazumijeva se i procjena stanja tijela površinskih i podzemnih voda, identifikacija antropogenog opterećenja i utjecaj na značajke vodnih tijela [8].

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj je istraživanja praćenje pojave arsena u rijeci Muri na području Republike Hrvatske, na točno određenim lokacijama od 2010. do 2015. godine prema podacima dobivenim ispitivanjem kemijskog stanja površinskih voda. Lokacije su dvije postaje uzorkovanja: u Goričanu i Murskom Središću. Dobiveni podatci prikazani su u tablicama i grafovima. Pokušat će se pronaći veza i dinamika pojavljivanja arsena u vodi u odnosu na vegetativno razdoblje i godišnje doba.

Od Hrvatskih voda dobiveni su podaci o kakvoći vode rijeke Mure na području Međimurja, postajama uzimanja te učestalosti redovnog praćenja kakvoće vode. Na području Međimurja imamo dvije mjerne postaje: u Goričanu i Murskom Središću. U mjernoj postaji Goričan arsen se pratio svaki mjesec od 2010. do 2015. godine, dok se za mjernu postaju Mursko Središće podaci odnose na praćenje arsena samo za 2015. godinu [12].

3. MATERIJALI I METODE

Od Hrvatskih voda dobiveni su materijali o fizikalno-kemijskim pokazateljima kakvoće voda na postajama Goričan i Mursko Središće u periodu od 2010. godine do 2015. godine. U ovom radu prati se koncentracija arsena na predmetnim dvjema mjernim postajama. Uzorci vode uzimali su se u Goričanu i Murskom Središću te i obrađivali u ovlaštenom laboratoriju. Ovlašteni laboratorij provodi metode ispitivanja po međunarodnoj (ISO) ili europskoj (EN) razini [13].

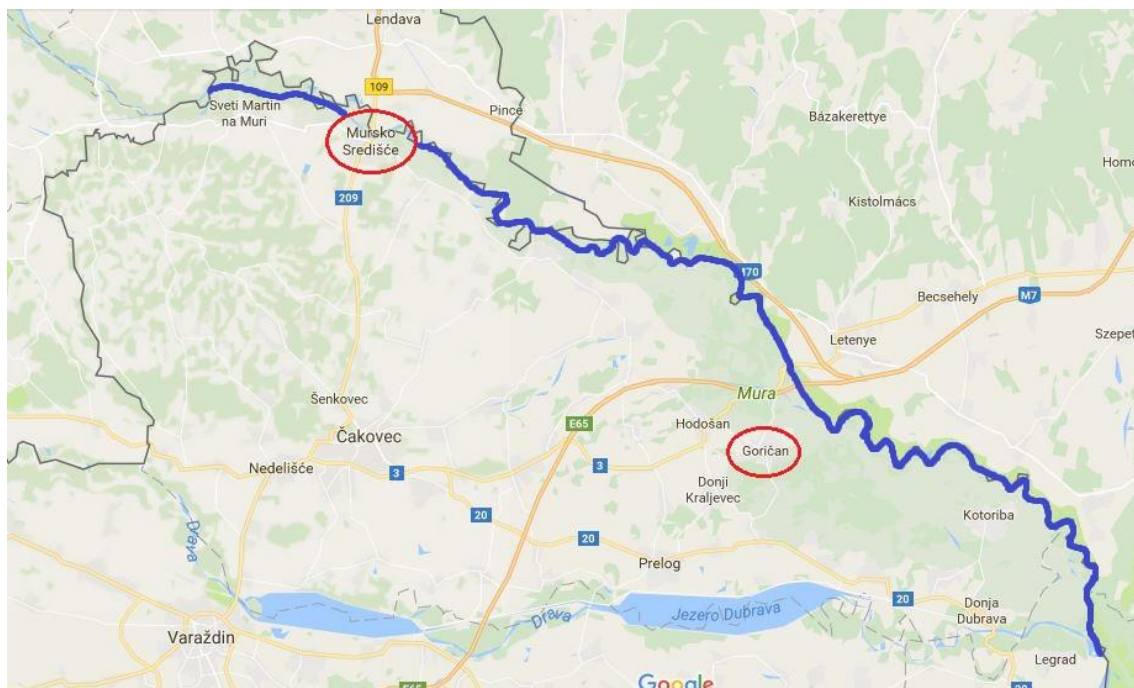
4. POSTAJE PRAĆENJA ARSENA

Hrvatske vode radile su uzorkovanje na dvije postaje u Međimurju od 2010. do 2015. godine. Postaje gdje se vršilo uzorkovanje su:

1. Goričan
2. Mursko Središće.

Na mjernoj postaji Goričan uzorkovanje vode obavljalo se mjesečno od 2010. godine do 2015. godine, dok za mjernu postaju Mursko Središće bilježimo mjesečne podatke o 2015. godini. U dobivenim rezultatima od Hrvatskih voda nije točno određena lokacija uzorkovanja već su kao mjesto uzorkovanja uzeta mjesta Mursko Središće i Goričan [12].

Slika 4. prikazuje Međimurje s označenom rijekom Murom u Republici Hrvatskoj te označenim naseljima u čijoj su blizini mjerne postaje. Rijeka Mura najsjevernija je rijeka Republike Hrvatske. Ona je državna granica: Republike Hrvatske i Slovenije te Republike Hrvatske i Mađarske. Na slici su crvenom bojom označena naselja u čijoj su blizini mjerne postaje (Goričan i Mursko Središće) na kojima se prati arsen u vodi rijeke Mure. Plavom bojom označen je tok rijeke Mure u Međimurju. U Sloveniji se uz rijeku Muru nalaze šume i oranice, dok se s Hrvatske strane uz oranice i šume uz rijeku Muru nalaze i neka naselja. Uz rijeku Muru nalaze se nanosi pijeska i šljunka koji tvore sprudove [3].



Slika 4. Geografska karta Međimurja s prikazanim naseljima u blizini kojih su mjerne postaje Goričan i Mursko Središće. (Izvor: Google maps).

4.1. Period praćenja arsena u Goričanu (2010. – 2015.)

Uzorkovanje vode na mjernoj postaji Goričan vršilo se svaki mjesec od 2010. do 2015. godine. Godine 2014. uzorkovanje za siječanj vršilo se dva puta, ali podatke imamo samo za jedno uzorkovanje. Tako je bilo i 2015. godine kad se uzorkovanje za veljaču vršilo tri puta, a podaci su zabilježeni samo za jedno uzorkovanje [12].

Tablica 1. Uzorkovanje vode u Goričanu u 2010. godini.

Uzorkovanje vode u Goričanu u 2010. godini	Datum
1. uzorkovanje	11. 1. 2010.
2. uzorkovanje	1. 2. 2010.

3. uzorkovanje	1. 3. 2010.
4. uzorkovanje	12. 4. 2010.
5. uzorkovanje	3. 5. 2010.
6. uzorkovanje	7. 6. 2010.
7. uzorkovanje	5. 7. 2010.
8. uzorkovanje	2. 8. 2010.
9. uzorkovanje	6. 9. 2010.
10. uzorkovanje	4. 10. 2010.
11. uzorkovanje	8. 11. 2010.
12. uzorkovanje	6. 12. 2010.

Izradio: autor. **Izvor:** Hrvatske vode [12].

Tablica 2. Uzorkovanje vode u Goričanu u 2011. godini.

Uzorkovanje vode u Goričanu u 2011. godini	Datum
1. uzorkovanje	10. 1. 2011.
2. uzorkovanje	7. 2. 2011.
3. uzorkovanje	7. 3. 2011.
4. uzorkovanje	4. 4. 2011.
5. uzorkovanje	2. 5. 2011.
6. uzorkovanje	6. 6. 2011.
7. uzorkovanje	4. 7. 2011.
8. uzorkovanje	1. 8. 2011.

9. uzorkovanje	5. 9. 2011.
10. uzorkovanje	3. 10. 2011.
11. uzorkovanje	7. 11. 2011.
12. uzorkovanje	5. 12. 2011.

Izradio: autor. **Izvor:** Hrvatske vode [12].

Tablica 3. Uzorkovanje vode u Goričanu u 2012. godini.

Uzorkovanje vode u Goričanu u 2012. godini	Datum
1. uzorkovanje	9. 1. 2012.
2. uzorkovanje	20. 2. 2012.
3. uzorkovanje	5. 3. 2012.
4. uzorkovanje	2. 4. 2012.
5. uzorkovanje	7. 5. 2012.
6. uzorkovanje	4. 6. 2012.
7. uzorkovanje	2. 7. 2012.
8. uzorkovanje	2. 8. 2012.
9. uzorkovanje	3. 9. 2012.
10. uzorkovanje	1. 10. 2012.
11. uzorkovanje	5. 11. 2012.
12. uzorkovanje	3. 12. 2012.

Izradio: autor. **Izvor:** Hrvatske vode [12].

Tablica 4. Uzorkovanje vode u Goričanu u 2013. godini.

Uzorkovanje vode u Goričanu u 2013. godini	Datum
1. uzorkovanje	7. 1. 2013.
2. uzorkovanje	4. 2. 2013.
3. uzorkovanje	4. 3. 2013.
4. uzorkovanje	8. 4. 2013.
5. uzorkovanje	6. 5. 2013.
6. uzorkovanje	3. 6. 2013.
7. uzorkovanje	1. 7. 2013.
8. uzorkovanje	1. 8. 2013.
9. uzorkovanje	2. 9. 2013.
10. uzorkovanje	14. 10. 2013.
11. uzorkovanje	4. 11. 2013.
12. uzorkovanje	2. 12. 2013.

Izradio: autor. **Izvor:** Hrvatske vode [12].**Tablica 5.** Uzorkovanje vode u Goričanu u 2014. godini.

Uzorkovanje vode u Goričanu u 2014. godini	Datum
1. uzorkovanje	13. 1. 2014.
2. uzorkovanje	16. 1. 2014.
3. uzorkovanje	3. 2. 2014.

4. uzorkovanje	3. 3. 2014.
5. uzorkovanje	7. 4. 2014.
6. uzorkovanje	12. 5. 2014.
7. uzorkovanje	2. 6. 2014.
8. uzorkovanje	7. 7. 2014.
9. uzorkovanje	11. 8. 2014.
10. uzorkovanje	1. 9. 2014.
11. uzorkovanje	6. 10. 2014.
12. uzorkovanje	3. 11. 2014.
13. uzorkovanje	1. 12. 2014.

Izradio: autor. **Izvor:** Hrvatske vode [12].

Tablica 6. *Uzorkovanje vode u Goričanu u 2015. godini.*

Uzorkovanje vode u Goričanu u 2015. godini	Datum
1. uzorkovanje	12. 1. 2015.
2. uzorkovanje	2. 2. 2015.
3. uzorkovanje	20. 2. 2015.
4. uzorkovanje	20. 2. 2015.
5. uzorkovanje	2. 3. 2015.
6. uzorkovanje	13. 4. 2015.
7. uzorkovanje	5. 5. 2015.
8. uzorkovanje	8. 6. 2015.

9. uzorkovanje	6. 7. 2015.
10. uzorkovanje	3. 8. 2015.
11. uzorkovanje	7. 9. 2015.
12. uzorkovanje	5. 10. 2015.
13. uzorkovanje	2. 11. 2015.
14. uzorkovanje	7. 12. 2015.

Izradio: autor. **Izvor:** Hrvatske vode [12].



Slika 5. Područje kroz koje prolazi rijeka Mura u općini Goričan. (Izvor: Google earth).

Na slici 5. prikazano je mjesto uzorkovanja fizikalno-kemijskih pokazatelja. Naselje Goričan nalazi se nizvodno od Murskog Središća. Goričan graniči s Mađarskom, a rijeka

Mura im je granica. Prije Mađarske rijeka Mura prolazi Slovenijom. U Općini Goričan nalazi se rijeka Trnava. Ona je tehnički kanalizirana i pretvorena u dva slivna sustava Trnavu i Bistrec–Rakovnicu. Rijeka Trnava se na području Općine Goričan ulijeva u rijeku Muru. Uz naselje Goričan nalaze se oranice i livade. Uz rijeku Muru u Mađarskoj nalazi se zaštićeno područje [14].

4.2. Period praćenja arsena u Murskom Središću (2015. godina)

Uzorkovanje vode na mjernoj postaji Mursko Središće vršilo se svaki mjesec u 2015. godini. Za mjesec veljaču uzorkovanje se vršilo tri puta, ali podatke imamo samo za jedno uzorkovanje. [12]

Tablica 7. Uzorkovanje vode u Murskom Središću 2015. godine.

Uzorkovanje vode u Murskom Središću u 2015. godini	Datum
1. uzorkovanje	8. 1. 2015.
2. uzorkovanje	3. 2. 2015.
3. uzorkovanje	20. 2. 2015.
4. uzorkovanje	20. 2. 2015.
5. uzorkovanje	3. 3. 2015.
6. uzorkovanje	2. 4. 2015.
7. uzorkovanje	5. 5. 2015.
8. uzorkovanje	2. 6. 2015.
9. uzorkovanje	7. 7. 2015.

10. uzorkovanje	19. 8. 2015.
11. uzorkovanje	10. 9. 2015.
12. uzorkovanje	20. 10. 2015.
13. uzorkovanje	5. 11. 2015.
14. uzorkovanje	2. 12. 2015.

Izradio: autor. **Izvor:** Hrvatske vode [12].



Slika 6. Okoliš Mure u blizini uzorkovanja fizikalno-kemijskih pokazatelja, grad Mursko Središće. (Izvor: Google earth).

Na slici 6. prikazano je mjesto uzorkovanja fizikalno–kemijskih pokazatelja. Na tom mjestu uzorkovanja nalazi se urbano područje Mursko Središće. Ono graniči sa Slovenijom, a rijeka Mura je prirodna granica. Nekim dijelom šuma se nalazi uz rijeku Muru, dok drugim dijelom rijeka Mura prolazi uz naseljeno mjesto. U Sloveniji, prvo naselje preko Murskog Središća su Petišovci. Mursko Središće nalazi se uzvodno od Goričana. Uz to područje nalaze se oranice i livade. Arsen u vodi rijeke Mure završava najčešće ispiranjem stijena ili antropogenim utjecajem. U poljoprivredi koriste se pesticidi koji se s poljoprivrednih površina ispiru u vode te tako završavaju u rijeci Muri [14].

5. REZULTATI

5.1. Praćenje arsena na mjernoj postaji Goričan u 2010. godini

Rezultati mjerenja koncentracije arsena u vodi rijeke Mure na mjernoj postaji Goričan u 2010. godini prikazani su u tablici 8. i grafički u grafikonu 1. Najniže koncentracije bile su zabilježene u zimskom periodu, točnije u ožujku. U svibnju je koncentracija počela rasti te je bila povišena do listopada. Uočava se povećanje koncentracije arsena od svibnja do studenog, što je period intenzivnog rasta biljaka.

Tablica 8. prikazuje izmjerene vrijednosti arsena u rijeci Muri u razdoblju od 11. 1. 2010. do 6. 12. 2010. godine [12].

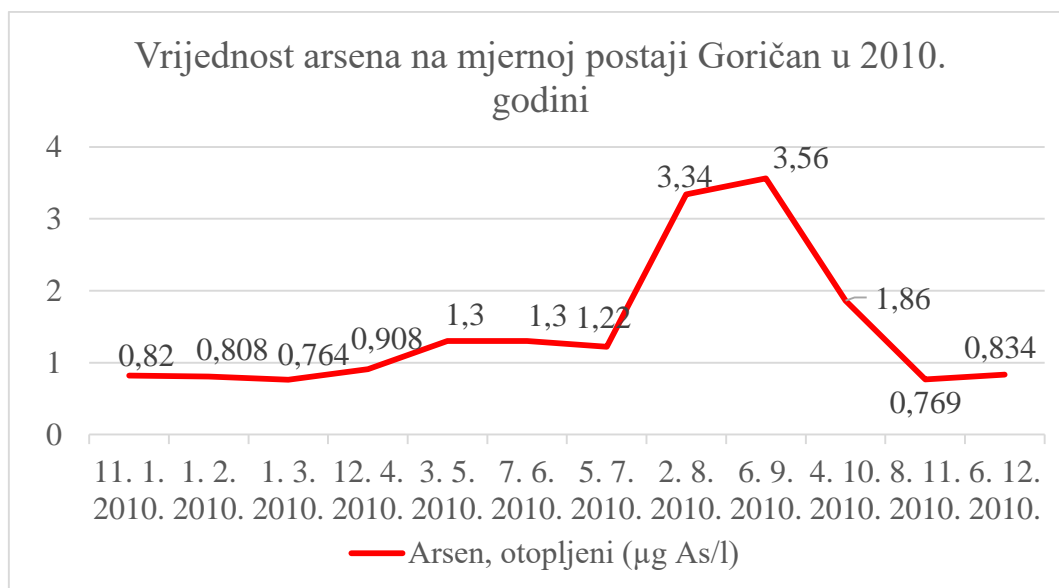
Tablica 8. *Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2010. godini.*

Datum uzorkovanja	Arsen, otopljeni ($\mu\text{g As/l}$)
11. 1. 2010.	0,82
1. 2. 2010.	0,808
1. 3. 2010.	0,764

12. 4. 2010.	0,908
3. 5. 2010.	1,3
7. 6. 2010.	1,3
5. 7. 2010.	1,22
2. 8. 2010.	3,34
6. 9. 2010.	3,56
4. 10. 2010.	1,86
8. 11. 2010.	0,769
6. 12. 2010.	0,834

Izradio: autor. **Izvor:** Hrvatske vode [12].

Najveća koncentracija arsena na mjernoj postaji Goričan u 2010. godini bila je 6. rujna 2010. godine, a iznosila je 3,56 ($\mu\text{g As/l}$). U ostalim mjesecima koncentracija je bila u vrijednosti od 0,769 ($\mu\text{g As/l}$) do 3,34 ($\mu\text{g As/l}$). Najmanja koncentracija arsena u 2010. godini na mjernoj postaji Goričan bila je 1. ožujka 2010. godine, a iznosila je 0,764 ($\mu\text{g As/l}$).

Grafikon 1. Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2010. godini.

Izradio: *autor*. Izvor: Hrvatske vode [12].

U grafikonu 1. prikazana je koncentracija arsena koja se mijenja tijekom cijele 2010. godine, a najveći nagli porast bio je u mjesecu kolovozu i mjesecu rujnu. Uočava se povećanje koncentracije arsena od svibnja do studenog, što je period intenzivnog rasta biljaka.

5.2. Praćenje arsena na mjernoj postaji Goričan u 2011. godini

Rezultati mjerenja koncentracije arsena u vodi rijeke Mure na mjernoj postaji Goričan u 2011. godini prikazani su u tablici 9. i grafički u grafikonu 2. Najniže koncentracije bile su zabilježene u zimskom periodu, točnije u prosincu. U travnju je koncentracija počela rasti te je bila povišena do studenog. Uočava se povećanje koncentracije arsena od svibnja do studenog, što je period intenzivnog rasta biljaka.

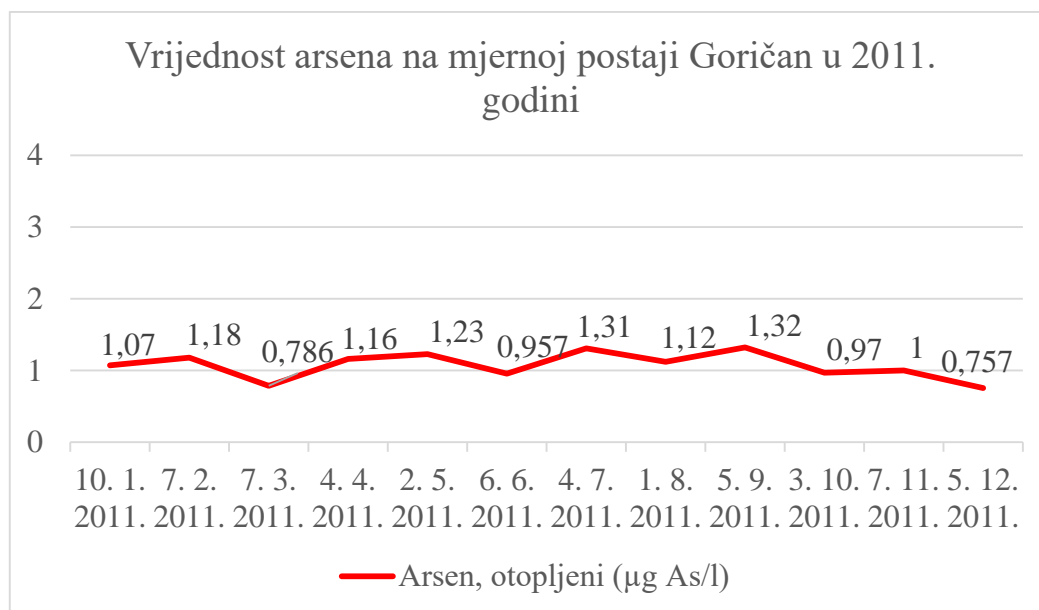
Tablica 9. prikazuje vrijednosti arsena u rijeci Muri u razdoblju od 10. 1. 2011. do 5. 12. 2011. godine [12].

Tablica 9. Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2011. godini.

Datum uzorkovanja	Arsen, otopljeni ($\mu\text{g As/l}$)
10. 1. 2011.	1,07
7. 2. 2011.	1,18
7. 3. 2011.	0,786
4. 4. 2011.	1,16
2. 5. 2011.	1,23
6. 6. 2011.	0,957
4. 7. 2011.	1,31
1. 8. 2011.	1,12
5. 9. 2011.	1,32
3. 10. 2011.	0,97
7. 11. 2011.	1
5. 12. 2011.	0,757

Izradio: autor. **Izvor:** Hrvatske vode [12].

Najveća koncentracija arsena u rijeci Muri na mjernoj postaji Goričan u 2011. godini bila je 5. rujna 2011. godine, a iznosila je 1,32 ($\mu\text{g As/l}$). U ostalim mjesecima koncentracija je bila od 0,786 ($\mu\text{g As/l}$) do 1,31 ($\mu\text{g As/l}$). Najmanja koncentracija arsena u vodi rijeke Mure u 2011. godini bila je 0,757 ($\mu\text{g As/l}$).

Grafikon 2. Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2011. godini.

Izradio: autor. Izvor: Hrvatske vode [12].

Na grafikonu 2. može se vidjeti da se koncentracija arsena na mjernoj postaji Goričan mijenja cijele 2011. godine. Najveća koncentracija arsena bila je u mjesecu rujnu te je vidljiva na grafikonu. Koncentracija arsena u mjesecu srpnju manja je za 0,01 (µg As/l) od koncentracije arsena u mjesecu rujnu. Uočava se povećanje koncentracije arsena od svibnja do studenog, što je period intenzivnog rasta biljaka.

5.3. Praćenje arsena na mjernoj postaji Goričan u 2012. godini

Rezultati mjerenja koncentracije arsena u vodi rijeke Mure na mjernoj postaji Goričan u 2012. godini prikazani su u tablici 10. i grafički u grafikonu 3. Najniže koncentracije bile su zabilježene u zimskom periodu, točnije u veljači. Od srpnja do kolovoza koncentracije su povećane.

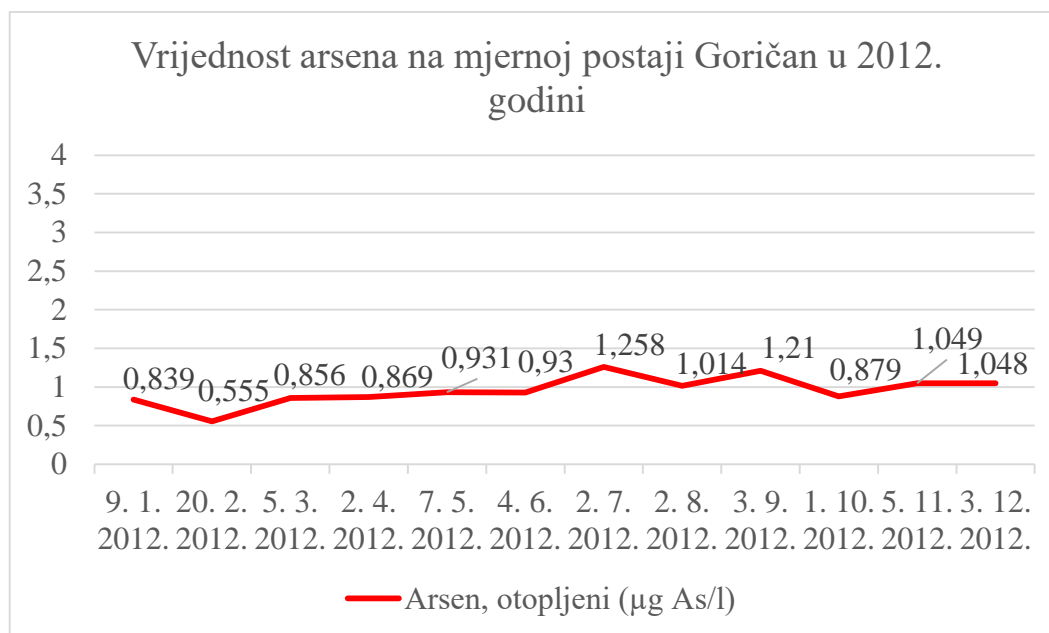
Tablica 10. prikazuje izmjerene vrijednosti arsena u rijeci Muri u razdoblju od 9. siječnja 2012. do 3. prosinca 2012. godine [12].

Tablica 10. Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2012. godini.

Datum uzorkovanja	Arsen, otopljeni ($\mu\text{g As/l}$)
9. 1. 2012.	0,839
20. 2. 2012.	0,555
5. 3. 2012.	0,856
2. 4. 2012.	0,869
7. 5. 2012.	0,931
4. 6. 2012.	0,93
2. 7. 2012.	1,258
2. 8. 2012.	1,014
3. 9. 2012.	1,21
1. 10. 2012.	0,879
5. 11. 2012.	1,049
3. 12. 2012.	1,048

Izradio: autor. **Izvor:** Hrvatske vode [12].

Najveća koncentracija arsena na mjernoj postaji Goričan u 2012. godini bila je 2. srpnja 2012. godine, a iznosila je 1,258 ($\mu\text{g As/l}$). U ostalim mjesecima koncentracija je iznosila od 0,839 ($\mu\text{g As/l}$) do 1,21 ($\mu\text{g As/l}$). Najmanja koncentracija arsena bila je 20. veljače 2012. godine, a iznosila je 0,555 ($\mu\text{g As/l}$).

Grafikon 3. Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2012. godini.

Izradio: *autor*. Izvor: Hrvatske vode [12].

Na grafikonu 3. može se vidjeti koncentracija arsena koja se mijenja tijekom cijele godine. Vidljivo je da je porast bio u mjesecu srpnju, dok je u mjesecu rujnu koncentracija manja samo za 0,048 (µg As/l). U veljači je koncentracija najmanja, a u srpnju najveća. Od srpnja do kolovoza koncentracije su povećane.

5.4. Praćenje arsena na mjernoj postaji Goričan u 2013. godini

Rezultati mjerenja koncentracije arsena u vodi rijeke Mure na mjernoj postaji Goričan u 2013. godini prikazani su u tablici 11. i grafički u grafikonu 4. Najniže koncentracije bile su zabilježene u zimskom periodu, točnije u prosincu, čak i u travnju. U ožujku je koncentracija počela rasti te je bila povišena do listopada. Uočava se povećanje koncentracije arsena od svibnja do studenog, što je period intenzivnog rasta biljaka.

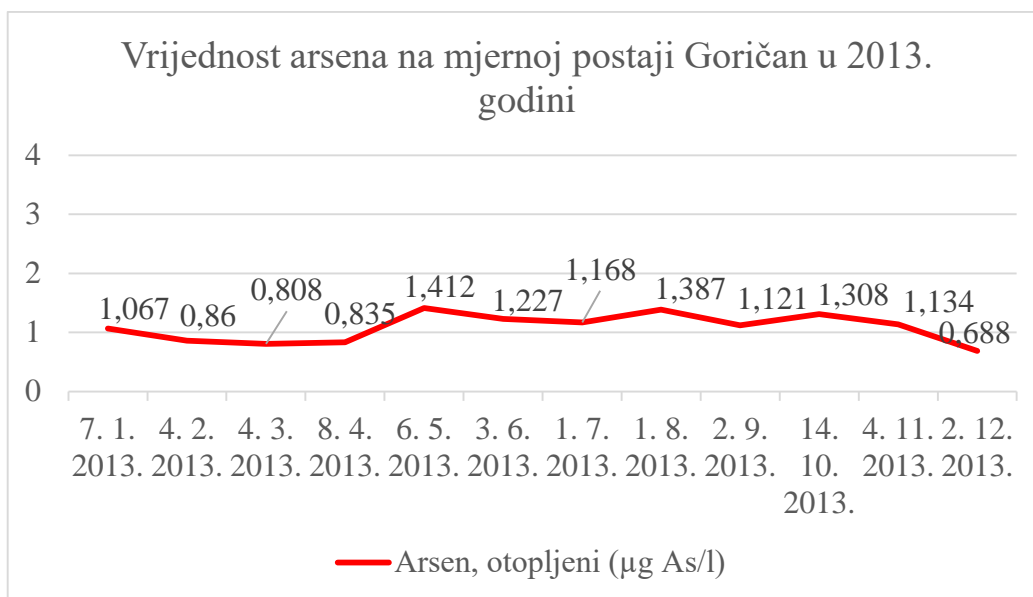
Tablica 11. prikazuje izmjerene vrijednosti arsena u rijeci Muri u razdoblju od 7. siječnja 2013. do 2. prosinca 2013. godine [12].

Tablica 11. Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2013. godini.

Datum uzorkovanja	Arsen, otopljeni ($\mu\text{g As/l}$)
7. 1. 2013.	1,067
4. 2. 2013.	0,86
4. 3. 2013.	0,808
8. 4. 2013.	0,835
6. 5. 2013.	1,412
3. 6. 2013.	1,227
1. 7. 2013.	1,168
1. 8. 2013.	1,387
2. 9. 2013.	1,121
14. 10. 2013.	1,308
4. 11. 2013.	1,134
2. 12. 2013.	0,688

Izradio: autor. **Izvor:** Hrvatske vode [12].

Najveća koncentracija arsena na mjernoj postaji Goričan u 2013. godini bila je 6. svibnja 2013. godine, a iznosila je 1,412 ($\mu\text{g As/l}$). U ostalim mjesecima koncentracija je iznosila od 0,835 ($\mu\text{g As/l}$) do 1,387 ($\mu\text{g As/l}$). Najmanja koncentracija arsena u rijeci Muri na mjernoj postaji Goričan u 2013. godini bila je 0,688 ($\mu\text{g As/l}$).

Grafikon 4. Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2013. godini.

Izradio: *autor*. Izvor: Hrvatske vode [12].

Na grafikonu 4. može se vidjeti koncentracija arsena koja se mijenja tijekom cijele godine. Najveći porast je u svibnju, dok su koncentracije u mjesecu kolovozu i mjesecu listopadu samo malo manje. Najmanja koncentracija arsena bila je u mjesecu prosincu. Prisutnost arsena je povećana u vegetativnom periodu godine.

5.5. Praćenje arsena na mjernoj postaji Goričan u 2014. godini

Rezultati mjerenja koncentracije arsena u vodi rijeke Mure na mjernoj postaji Goričan u 2014. godini prikazani su u tablici 12. i grafički u grafikonu 5. Najniže koncentracije bile su zabilježene u zimskom periodu, točnije u ožujku. U travnju je koncentracija počela rasti te je bila povišena do rujna, nakon čega je ponovno malo pala.

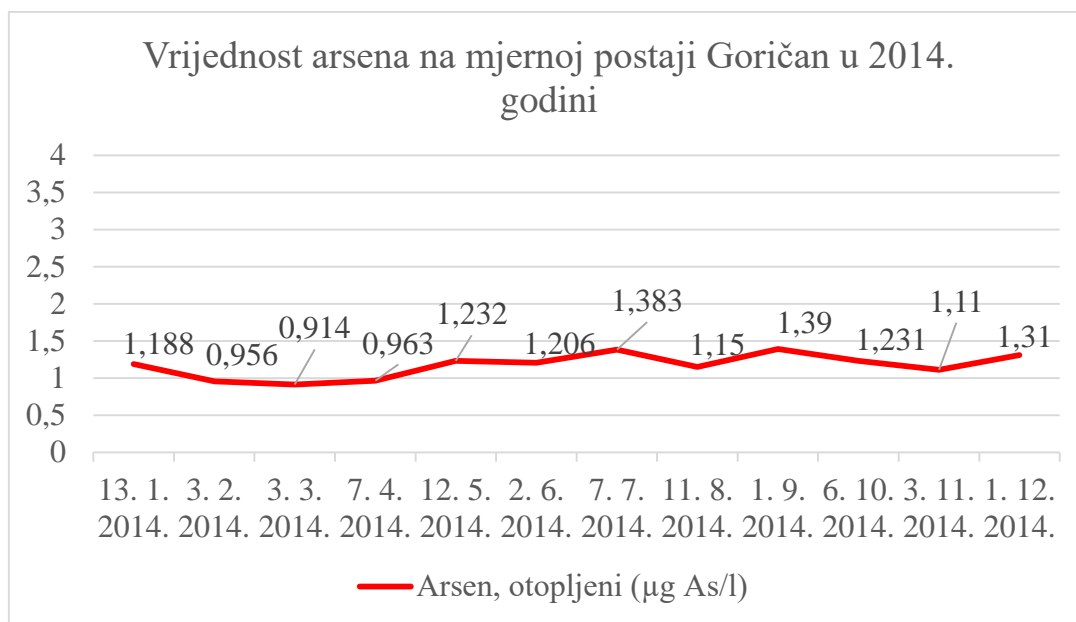
Tablica 12. prikazuje izmjerene vrijednosti arsena u rijeci Muri u razdoblju od 13. siječnja 2014. do 1. prosinca 2014. godine [12].

Tablica 12. Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2014. godini.

Datum uzorkovanja	Arsen, otopljeni ($\mu\text{g As/l}$)
13. 1. 2014.	1,188
3. 2. 2014.	0,956
3. 3. 2014.	0,914
7. 4. 2014.	0,963
12. 5. 2014.	1,232
2. 6. 2014.	1,206
7. 7. 2014.	1,383
11. 8. 2014.	1,15
1. 9. 2014.	1,39
6. 10. 2014.	1,231
3. 11. 2014.	1,11
1. 12. 2014.	1,31

Izradio: autor. **Izvor:** Hrvatske vode [12].

Najveća koncentracija arsena na mjernoj postaji Goričan u 2014. godini bila je 1. rujna 2014. godine, a iznosila je 1,39 ($\mu\text{g As/l}$). U ostalim mjesecima koncentracija arsena bila je između 0,956 ($\mu\text{g As/l}$) i 1,383 ($\mu\text{g As/l}$). Najmanja koncentracija arsena na mjernoj postaji Goričan 2014. godine bila je 0,914 ($\mu\text{g As/l}$) u ožujku.

Grafikon 5. Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2014. godini.

Izradio: *autor*. Izvor: Hrvatske vode [12].

Na grafikonu 5. može se vidjeti koncentracija arsena koja se mijenja tijekom cijele godine. Najveća koncentracija arsena na mjernoj postaji Goričan u 2014. godini bila je u rujnu, dok je u mjesecu srpnju koncentracija arsena manja samo za 0,007 (µg As/l). Prisutnost arsena je povećana u vegetativnom periodu godine.

5.6. Praćenje arsena na mjernoj postaji Goričan u 2015. godini

Rezultati mjerenja koncentracije arsena u vodi rijeke Mure na mjernoj postaji Goričan u 2015. godini prikazani su u tablici 13. i grafički u grafikonu 6. Najniže koncentracije bile su zabilježene u zimskom periodu te u jesen. U ožujku je koncentracija počela rasti te je bila povišena do srpnja, nakon čega je ponovno malo pala. U studenom i prosincu zabilježeno je povećanje koncentracije.

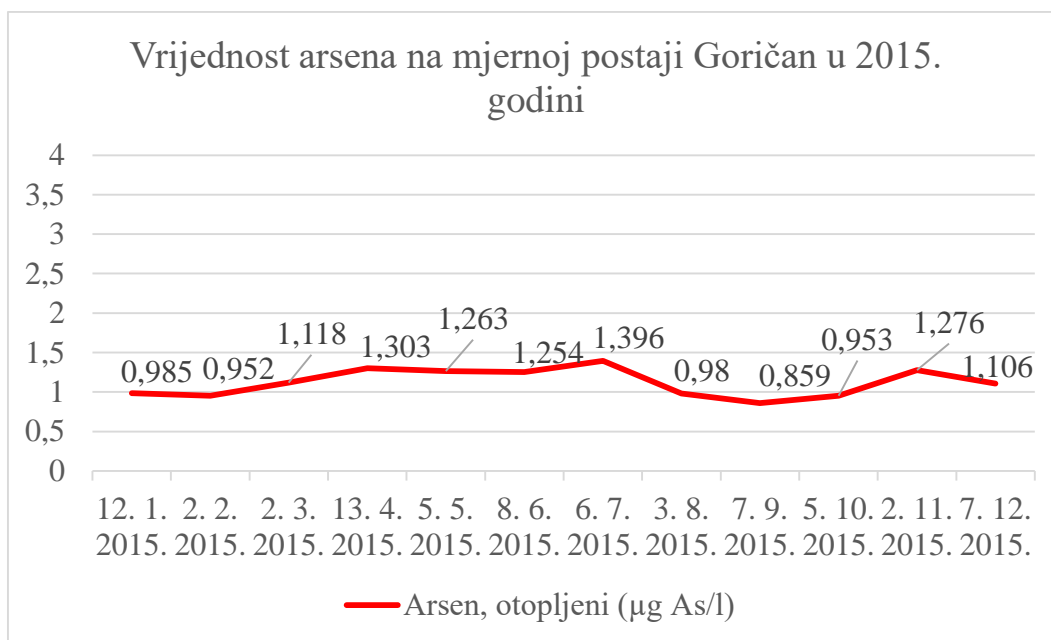
Tablica 13. prikazuje izmjerene vrijednosti arsena u rijeci Muri u razdoblju od 12. siječnja 2015. do 7. prosinca 2015. godine [12].

Tablica 13. Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2015. godini.

Datum uzorkovanja	Arsen, otopljeni ($\mu\text{g As/l}$)
12. 1. 2015.	0,985
2. 2. 2015.	0,952
2. 3. 2015.	1,118
13. 4. 2015.	1,303
5. 5. 2015.	1,263
8. 6. 2015.	1,254
6. 7. 2015.	1,396
3. 8. 2015.	0,98
7. 9. 2015.	0,859
5. 10. 2015.	0,953
2. 11. 2015.	1,276
7. 12. 2015.	1,106

Izradio: autor. **Izvor:** Hrvatske vode [12].

Najveća koncentracija arsena na mjernoj postaji Goričan u 2015. godini pojavila se 6. srpnja 2015. godine, a iznosila je 1,396 ($\mu\text{g As/l}$). U ostalim mjesecima koncentracija arsena je bila od 0,952 ($\mu\text{g As/l}$) do 1,303 ($\mu\text{g As/l}$). Najmanja koncentracija arsena na mjernoj postaji Goričan u 2015. godini bila je 7. rujna 2015. godine, a iznosila je 0,859 ($\mu\text{g As/l}$).

Grafikon 6. Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2015. godini.

Izradio: *autor*. Izvor: Hrvatske vode [12].

Na grafikonu 6. može se vidjeti koncentracija arsena u rijeci Muri koja se mijenja tijekom cijele godine. Najveća koncentracija arsena je zabilježena u srpnju. Koncentracija arsena u kolovozu i rujnu pada, a već u listopadu ponovno raste. Prisutnost arsena je povećana u vegetativnom periodu godine, kad biljni svijet intenzivno buja.

5.7. Praćenje arsena na mjernoj postaji Mursko Središće u 2015. godini

Mjerenje koncentracije arsena u vodi rijeke Mure na mjernoj postaji Mursko Središće u 2015. godini prikazano je u tablici 14. i grafički u grafikonu 7. Najniže koncentracije bile su zabilježene u zimskom periodu i u jesen, točnije u rujnu. U ožujku je koncentracija počela rasti te je bila povišena do kolovoza, nakon čega je ponovno malo pala.

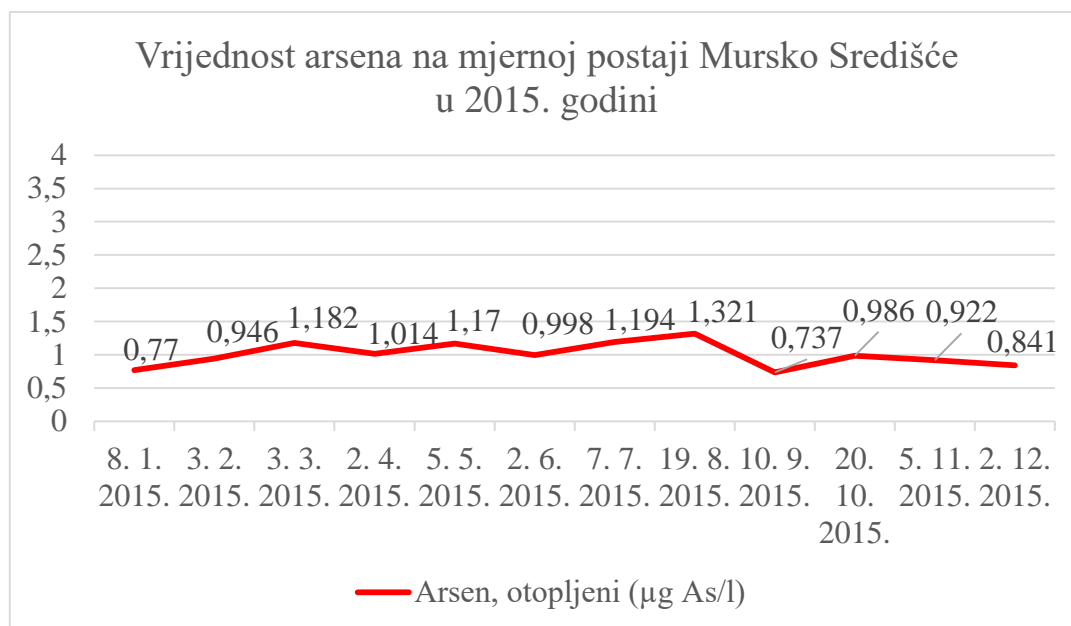
Tablica 14. prikazuje izmjerene vrijednosti arsena u rijeci Muri u razdoblju od 8. siječnja 2015. godine do 2. prosinca 2015. godine [12].

Tablica 14. Vrijednost arsena na mjernoj postaji Mursko Središće u 2015. godini.

Datum uzorkovanja	Arsen, otopljeni ($\mu\text{g As/l}$)
8. 1. 2015.	0,77
3. 2. 2015.	0,946
3. 3. 2015.	1,182
2. 4. 2015.	1,014
5. 5. 2015.	1,17
2. 6. 2015.	0,998
7. 7. 2015.	1,194
19. 8. 2015.	1,321
10. 9. 2015.	0,737
20. 10. 2015.	0,986
5. 11. 2015.	0,922
2. 12. 2015.	0,841

Izradio: autor. **Izvor:** Hrvatske vode [12].

Najveća koncentracija arsena na mjernoj postaji Mursko Središće u 2015. godini bila je 19. kolovoza 2015. godine, a iznosila je 1,321 ($\mu\text{g As/l}$). U ostalim mjesecima koncentracija arsena je iznosila između 0,77 ($\mu\text{g As/l}$) i 1,194 ($\mu\text{g As/l}$). Najmanja koncentracija arsena na mjernoj postaji Mursko Središće u 2015. godini bila je 10. rujna 2015. godine, a iznosila je 0,737 ($\mu\text{g As/l}$). Od ožujka do kolovoza koncentracije arsena su više nego u zimskim mjesecima. Prisutnost arsena je povećana u vegetativnom periodu godine.

Grafikon 7. Vrijednost arsena na mjernoj postaji Mursko Središće u 2015. godini.

Izradio: *autor*. Izvor: Hrvatske vode [12].

Na grafikonu 7. može se vidjeti koncentracija arsena na mjernoj postaji Mursko Središće koja se mijenja tijekom cijele godine. Najveća koncentracija arsena na području Murškog Središća zabilježena je u kolovozu, a iznosila je 1,321 (µg As/l). Najbliža vrijednost arsena najvećoj koncentraciji bila je u srpnju, dok je najmanja zabilježena u rujnu. Od ožujka do kolovoza koncentracije arsena su više nego u zimskim mjesecima.

6. RASPRAVA

Rezultati ispitivanja kemijske kakvoće voda pokazuju da je arsen prisutan na obje mjerne postaje u Goričanu i Murskom Središću od 2010. do 2015. godine.

Koncentracija se arsena svakim mjesecom mijenja i ne prelazi veću koncentraciju od 3,56 (µg As/l) koja je izmjerena na mjernoj postaji Goričan 6. rujna 2010. godine. To je najveća zabilježena koncentracija arsena od 2010. do 2015. godine na mjernim postajama Goričan i Mursko Središće. Mjesec dana prije, 2. kolovoza 2010. godine, na mjernoj

postaji Goričan zabilježena je koncentracija arsena 3,34 ($\mu\text{g As/l}$), što je s obzirom na ostale mjesece od 2010. do 2015. godine, značajno povišena koncentracija arsena. Najmanja koncentracija arsena od 2010. do 2015. godine zabilježena je u zimskom periodu, 20. veljače 2012. godine na mjernoj postaji Goričan, a iznosila je 0,555 ($\mu\text{g As/l}$). To znači da je u kolovozu 2010. godine na postaji Goričan zabilježena šest puta veća koncentracija nego u veljači 2012. godine.

Ako znamo da je arsen prisutan u industrijski otpadnim vodama, da rijeka Mura izvire u austrijskim Visokim Turama i protječe kroz dvije države prije nego li dođe do mjerne postaje u Murskom Središću te da su se kroz povijest na njenim obalama razvijali gradovi, za očekivati je prisutnost arsena u rijeci. Promatrajući krajolik Mure u Hrvatskoj i Mađarskoj (slika 5. i 6.), od postaje Mursko Središće do postaje u Goričanu, vidi se da Mura protječe kroz ruralan krajolik u kojem se stanovništvo bavi poljoprivrednom proizvodnjom. Prije Republike Hrvatske rijeka Mura protječe kroz Austriju i Sloveniju u kojima prolazi kroz veća naselja. U tim većim mjestima rijeka Mura je recipijent otpadnih voda iz kućanstva i industrija. Mura je granična rijeka s Republikom Mađarskom i u tom dijelu rijeka je okružena poljoprivrednim površinama, te se u rijeku Muru ispiru pesticidi koji se koriste u poljoprivrednoj proizvodnji. Prirodno arsen može doći u rijeku Muru mrvljenjem stijena koje sadrže uz ostale spojeve i spojeve arsena koji se ispiru u rijeku Muru.

Na slikama 5. i 6. vidljive su oranice na lijevoj i desnoj obali rijeke Mure. Za plodnost tla vrlo je bitno prihranjivanje tla, ali i korištenje pesticida u zaštiti posijanih kultura. Poljoprivreda je izvor zarade za ruralno stanovništvo, te je primjena pesticida jedna od mjera zaštite proizvodnje poljoprivrednih kultura.

Ukoliko se arsen nalazi u pesticidima korištenim na okolnim oranicama, putem oborinskih voda može biti ispran u površinsku vodu rijeke Mure. Bakreni arsenit i acetoarsenit koriste se kao insekticidi za tretiranje mrava i kao rodenticidi. Do prelaska arsena u vode može doći ukoliko arsenska kiselina, koja je korištena kao herbicid, prijeđe u arsenov trioksid i arsen. Kalijev i natrijev arsenit koriste se kao ektoantiparaziti za goveda i ovce, a prisutni su i kao herbicidi u zaštiti bilja. Preko stajskog gnoja korištenog za obogaćivanje poljoprivrednog tla, natrijev i kalijev arsenit mogu doći na oranice i bivaju isprani oborinskim vodama u podzemne i površinske vode.

Ako promatramo pojavnost arsena u rijeci Muri u ovisnosti o određenom dijelu godine, možemo zaključiti da je koncentracija arsena veća od proljeća do kraja jeseni, a najviša krajem ljeta i jeseni. To je vegetativno razdoblje kad započinje sjetva, kad biljke intenzivno rastu i trebaju zaštitu. Pojedine kulture trebaju intenzivniju prehranu i zaštitu te se ljeti tretiraju pesticidima, pa sve do par tjedana prije berbe, ako je arsen sastojak pesticida, počinje se pojavljivati viša koncentracija arsena u vodi rijeke Mure u tom razdoblju.

Srednji protok Mure na ulasku u Republiku Sloveniju iznosi oko 160 m³/s, a najviši vodostaj ima u svibnju, lipnju i srpnju, kao posljedicu otapanja snijega u uzvodnijim krajevima. U tim periodima zabilježene su povećane koncentracije arsena u Muri, što je i razumljivo, jer rijeka erodira tlo kroz koje prolazi i donosi opterećenja kemijskim tvarima koje je pokupila u uzvodnijim dijelovima svog toka. U studenom 2012. godine protoci rijeke Mure i Drave bili su veći od uobičajenih zbog izuzetno kišnog ljeta. Tada su i nešto više vrijednosti arsena u rijeci, uspoređujući koncentracije s onima tijekom ljetnih mjeseci. No, uspoređujući tada zabilježene koncentracije s onima u ostalim godinama, nema odstupanja. Bilo bi zanimljivo usporediti protoke rijeke Mure s koncentracijom arsena u vodi.

Ispitivana postaja Goričan nalazi se nizvodno od postaje Mursko Središće i tu rijeka Mura prolazi kroz izrazito ruralan kraj sa intenzivnom poljoprivrednom proizvodnjom i u Republici Mađarskoj i u Republici Hrvatskoj. Na toj postaji je u rujnu 2010. godine zabilježena šest puta veća koncentracija nego u veljači 2012. godine, kad je zabilježena najmanja vrijednost arsena u Muri. Jedna od pretpostavki je da je tog ljeta došlo do tretiranja poljoprivrednih kultura u okolini s pesticidom koji sadrži arsen. S obzirom da ne postoje podaci o prisutnosti arsena u vodi na postaji Mursko Središće, ne može se ovaj podatak povezati s nizvodnijom postajom u Goričanu. Zbog toga se ne može raspravljati o pretpostavci da je arsen ušao u rijeku uzvodnije u susjednim državama.

U daljnjoj razradi uspoređivat će se rezultati koncentracija arsena na mjernim postajama Goričan i Mursko Središće u 2015. godini jer jedino postoje podaci iz 2015. godine za Mursko Središće.

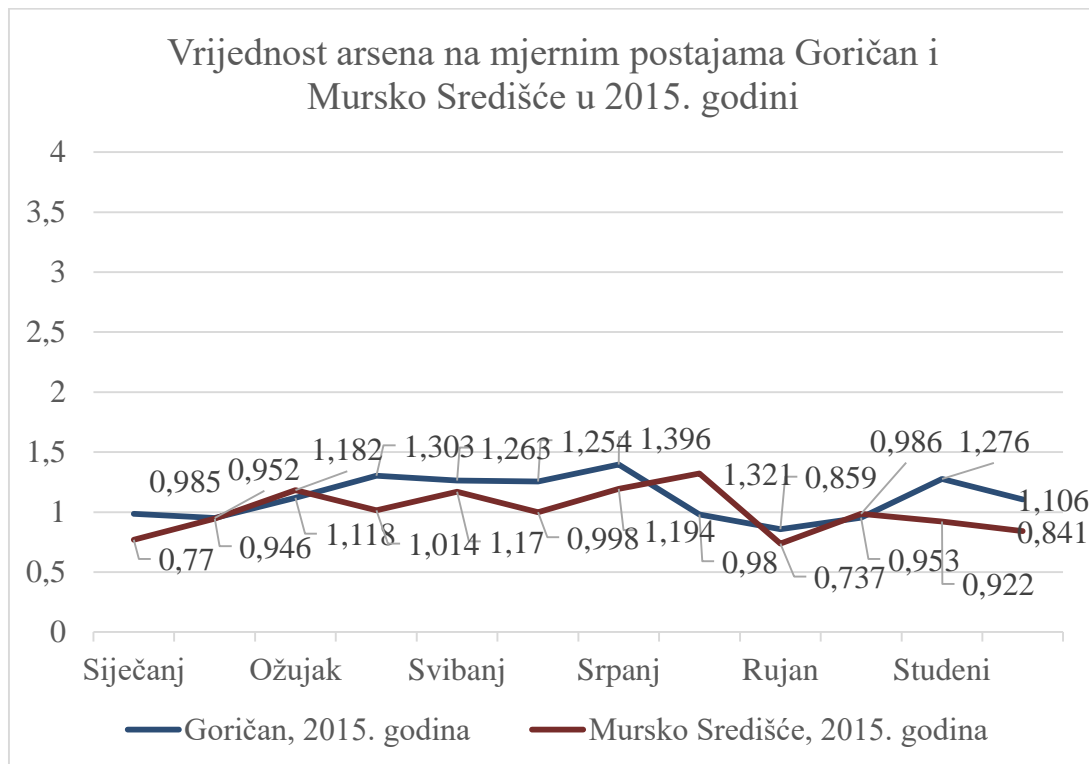
6.1. Usporedba koncentracije arsena na mjernim postajama Goričan i Mursko Središće

Prisutnost arsena zabilježena je na obje mjerne postaje. Zabilježene koncentracije nisu jednake, ali nema ni većih odstupanja. Od siječnja do srpnja možemo pratiti blagi porast koncentracije arsena u rijeci od uzvodnije postaje u Murskom Središću prema nizvodnijoj postaji u Goričanu. Obrnuto je u kolovozu kad uzvodnija izmjerena koncentracija biva viša od nizvodnije.

Tablica 15. *Vrijednost arsena na mjernim postajama Goričan i Mursko Središće u 2015. godini.*

Mjeseci	Vrijednost arsena u Goričanu 2015. godine	Vrijednost arsena u Murskom Središću 2015. godine
Siječanj	0,985	0,77
Veljača	0,952	0,946
Ožujak	1,118	1,182
Travanj	1,303	1,014
Svibanj	1,263	1,17
Lipanj	1,254	0,998
Srpanj	1,396	1,194
Kolovoz	0,98	1,321
Rujan	0,859	0,737
Listopad	0,953	0,986
Studen	1,276	0,922
Prosinac	1,106	0,841

Izradio: autor. **Izvor:** Hrvatske vode [12].

Grafikon 8. Vrijednost arsena na mjernim postajama Goričan i Mursko Središće u 2015. godini.

Izradio: *autor*. Izvor: Hrvatske vode [12].

Najveća koncentracija arsena u 2015. godini zabilježena je 6. srpnja 2015. godine na mjernoj postaji Goričan, a iznosila je 1,396 ($\mu\text{g As/l}$). Mjesec dana kasnije, 19. kolovoza 2015. godine, na mjernoj postaji Mursko Središće zabilježena je također najveća koncentracija arsena koja je iznosila 1,321 ($\mu\text{g As/l}$). Koncentracija arsena na mjernoj postaji Goričan kretala se od 0,859 ($\mu\text{g As/l}$) do 1,396 ($\mu\text{g As/l}$), a na mjernoj postaji Mursko Središće od 0,737 ($\mu\text{g As/l}$) do 1,321 ($\mu\text{g As/l}$).

Najmanja koncentracija arsena zabilježena je 10. rujna 2015. godine na mjernoj postaji Mursko Središće, a iznosila je 0,737 ($\mu\text{g As/l}$). Dana 7. rujna 2015. godine na mjernoj postaji Goričan zabilježena je koncentracija arsena 0,859 ($\mu\text{g As/l}$). Iz toga se može vidjeti da nakon najveće koncentracije arsena (u srpnju na mjernoj postaji Goričan i u kolovozu na mjernoj postaji Mursko Središće) dolazi najmanja koncentracija arsena za

obje mjerne postaje u mjesecu rujnu. To je period godine s intenzivnom vegetativnom produkcijom i biljkama je potrebna zaštita i prihranjivanje.

Jednim djelom toka rijeke Mure u Murskom Središću nalaze se oranice i poplavne šume, dok drugim dijelom rijeka Mura prolazi uz urbano područje Mursko Središće. Nizvodno od grada Mursko Središće nalazi se naselje Goričan. Rijeka Mura na području Goričana ne teče uz samo naselje, već se uz rijeku nalaze oranice, livade i šume.

Vodonosnik Mure se u litološkom smislu sastoji od šljunka s različitim postotkom pijeska. Te šljunkovite-pjeskovite naslage nalaze se paralelno uz tok rijeke Mure. Obilježje vodonosnika je visoka propusnost šljunka u koje je usječena hidrografska mreža. Nanosi rijeke Mure formirali su krajobraz ovog područja, a to taloženje prisutno je i danas. Laponi, pješčenjaci i gline pleistocenske starosti čine podlogu vodonosnika. Vodonosne naslage uz Muru su šljunčane s proslojcima pijeska i gline koje su debljine od 5 do 80 metara. Bilo bi zanimljivo analizirati i usporediti pojavnost arsena i u podzemnim vodama vodonosnika. Ispiranjem tla dio oborinskih voda može odnijeti otopljene metale i u podzemne vode. Na slikama 5. i 6. prikazano je područje gdje protječe rijeka Mura. Vidljivo je da rijeku Muru okružuju oranice. Na tim poljoprivrednim površinama koriste se pesticidi koji se ispiru u podzemlje te na kraju završavaju u rijeci Muri.

Dio oborinskih voda i dio voda iz površinskih vodotoka infiltrira se u podzemlje i tvori zalihe podzemnih voda. Ta voda se akumulira u aluvijalnom vodonosniku međuzrnske poroznosti koji je smješten između rijeka Mure i Drave. Zbog građe tla polumetal arsen može doći u podzemne vode.

Kemijski spojevi arsena su jedan od značajnih čimbenika onečišćenja okoliša. U Republici Hrvatskoj uz mjesta gdje protječe rijeka Mura nema industrijske proizvodnje, ali ima poljoprivredne. U rijeci Muri na području Republike Hrvatske koncentracija arsena pojavljuje se najviše zbog mrvljenja i ispiranja tla s arsenom u rijeku Muru te ispiranja poljoprivrednih površina.

Arsen spada u vrlo toksične, relativno dostupne elemente te je utvrđeno za ovu skupinu elemenata da je antropogeni unos veći od prirodnog [15]. Svi metali koji dolaze u vodene sustave mogu biti prirodnog ili antropogenog podrijetla. Kada je antropogeno podrijetlo

u vodama veće od prirodnog dolazi do poremećaja prirodnog biokemijskog ciklusa metala. Posljedica toga može biti akumulacija toksičnih metala u organizme u vodi te prekomjerni unos tih toksičnih metala u čovjeka. Zbog toga je vrlo važno pratiti stanje zagađenja vodenog okoliša i na vrijeme spriječiti prekomjerni unos toksičnih metala [15].

7. ZAKLJUČAK

Rezultati ispitivanja kemijske kakvoće voda pokazuju da je arsen prisutan na obje mjerne postaje u Goričanu od 2010. do 2015. godine i u Murskom Središću 2015. godine. Najviša zabilježena koncentracija arsena od 2010. do 2015. godine bila je 6. rujna 2010. godine u Goričanu i iznosila je 3,56 ($\mu\text{g As/l}$). Najmanja koncentracija arsena u promatranom razdoblju zabilježena je u zimskom periodu, 20. veljače 2012. godine na mjernoj postaji Goričan, a iznosila je 0,555 ($\mu\text{g As/l}$).

Kroz čitavo promatrano razdoblje najviše koncentracije bile su od kasnog proljeća do kasne jeseni, u vegetativnom periodu godine kada je biljkama potrebna intenzivna zaštita od nametnika i bolesti.

Arsen spada u vrlo toksične, relativno dostupne elemente te je utvrđeno za ovu skupinu elemenata da je antropogeni unos veći od prirodnog [15] te je potrebno voditi računa o načinu i vremenu njegovog korištenja.

8. LITERATURA

- [1] Magaš, D. (2013). Geografija Hrvatske. Prirodno geografska osnova. Samobor, Izdavačka kuća Meridijani.
- [2] Johović, I. Sedam riječnih čuda Hrvatske. (2013). Brošura.
http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/7_rijecnih_cuda_hrvatske_web.pdf (20. 6. 2017.).
- [3] Google maps.
<https://www.google.com/maps> (20. 6. 2017.).
- [4] Puntarić, D.; Miškulin, M.; Bošnir, J.; suradnici. (2012). „Kemijski čimbenici okoliša“. *Zdravstvena ekologija*. Zagreb, Medicinska naklada, str. 75 – 95.
- [5] Petrak, V. (2015). „Ekotoksikologija arsena“, *International Interdisciplinary Journal of Young Scientists from the Faculty of Textile Technology*.
<http://www.ttf.unizg.hr/tedi/pdf/TEDI-5-5-86.pdf> (20. 6. 2017.).
- [6] Defolijacija.
<http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=14203> (20. 6. 2017.)
- [7] Herceg, N. (2013). Okoliš i održivi razvoj. Onečišćenje vode. Zagreb, SYNOPSIS.
- [8] Zakon o vodama NN 153/2009, 130/2011, 56/2013, 14/2014.
- [9] Okvirna direktiva Europske unije o vodama (Direktiva 2000/60/EC).
- [10] Uredba o standardu kakvoće voda NN 73/2013, 151/2014, 78/2015, 61/2016.
- [11] Ašperger, D.; suradnici. (2013). Analitika okoliša. Zakonodavstvo u zaštiti okoliša. Zagreb, HINUS i Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije.
- [12] Hrvatske vode. Fizikalno – kemijski pokazatelji kakvoće vode rijeke Mure od 2010. do 2015. godine.
- [13] Šandrić, S. Usporedba kakvoće vode rijeke Krke na mjernim postajama unutar NP u 2014. godini. (2016). Završni rad. Međimursko veleučilište u Čakovcu. 17 str.

[14] Google earth,

<https://www.google.com/intl/hr/earth/> (20. 6. 2017.)

[15] Cvrković, Ž.; Krznarić, D.; Santo, V.; Šeruga, M.; Čosović, B. (2007). „Karakterizacija organskih tvari u vodama rijeka Drave i Dunava“. U: *Hrvatske vode i Europska unija – izazovi i mogućnosti* (ur. Gereš Dragutin). Zagreb, Hrvatske vode, str. 109 – 116.

POPIS SLIKA

Slika 1. <i>Karta Međimurja</i>	7
Slika 2. <i>Informativna ploča na obali Mure u Žabniku</i>	8
Slika 3. <i>Rijeke Mura i Drava</i>	9
Slika 4. <i>Geografska karta Međimurja s prikazanim naseljima u blizini kojih su mjerne postaje Goričan i Mursko Središće</i>	16

POPIS TABLICA

Tablica 1. <i>Uzorkovanje vode u Goričanu u 2010. godini</i>	16
Tablica 2. <i>Uzorkovanje vode u Goričanu u 2011. godini</i>	17
Tablica 3. <i>Uzorkovanje vode u Goričanu u 2012. godini</i>	18
Tablica 4. <i>Uzorkovanje vode u Goričanu u 2013. godini</i>	19
Tablica 5. <i>Uzorkovanje vode u Goričanu u 2014. godini</i>	19
Tablica 6. <i>Uzorkovanje vode u Goričanu u 2015. godini</i>	20
Tablica 7. <i>Uzorkovanje vode u Murskom Središću 2015. godine</i>	22
Tablica 8. <i>Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2010. godini</i>	24
Tablica 9. <i>Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2011. godini</i>	27
Tablica 10. <i>Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2012. godini</i>	29
Tablica 11. <i>Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2013. godini</i>	31
Tablica 12. <i>Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2014. godini</i>	33
Tablica 13. <i>Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2015. godini</i>	35
Tablica 14. <i>Vrijednost arsena na mjernoj postaji Mursko Središće u 2015. godini</i>	37
Tablica 15. <i>Vrijednost arsena na mjernim postajama Goričan i Mursko Središće u 2015. godini</i>	41

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. <i>Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2010. godini</i>	26
Grafikon 2. <i>Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2011. godini</i>	28
Grafikon 3. <i>Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2012. godini</i>	30
Grafikon 4. <i>Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2013. godini</i>	32

Grafikon 5. Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2014. godini.	34
Grafikon 6. Vrijednost arsena na mjernoj postaji Goričan u 2015. godini.	36
Grafikon 7. Vrijednost arsena na mjernoj postaji Mursko Središće u 2015. godini.	38
Grafikon 8. Vrijednost arsena na mjernim postajama Goričan i Mursko Središće u 2015. godini.	42